

事業事前評価表

1. 案件名

国名：ボリビア多民族国

案件名：ラグナ・コロラダ地熱発電所建設事業（第二段階）

L/A 調印日：2017年3月24日

承諾金額：61,485百万円

借入人：ボリビア多民族国政府（The Plurinational State of Bolivia）

2. 事業の背景と必要性

(1) 当該国における電力セクターの開発実績（現状）と課題

ボリビア多民族国（以下、「ボリビア」という。）の給電指令国家委員会（Comité Nacional de Despacho de Carga）によると、ボリビアの国家電力系統における2015年の最大電力需要は1,370MWであったのに対し、発電設備容量は1,831MWとボリビアは現状では国内電力需要を満たすことができる発電設備を備えている。しかし、2014年に策定された「ボリビア多民族国電力計画2025」（Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025）によれば、2012年から2025年までの電力需要増加率は一人当たり年平均11%と見込まれており、かかる需要増加に対応するため、発電能力を2015年時点の1,831MWから2025年には4,353MWへ増強する計画である。加えて、同計画において電源多様化に向けて火力69%、水力30%、再生可能エネルギー（バイオマス、風力、地熱等）1%（2015年）である電源構成を、2025年までに水力70%、火力26%、再生可能エネルギー4%へ転換することを目指している。

とりわけボリビア南西部では、ボリビア屈指の亜鉛・鉛の生産量を誇るサンクリストバル鉱山をはじめとする鉱物資源開発が活発に行われ、電力需要を年々押し上げているが、同地域には大規模な発電所が存在しないため、遠方からの長距離送電により電力が供給されており、送電の効率性、供給信頼性に課題を抱えている。仮に既設送電線事故が起きた場合、この地域への電力供給が滞る結果、鉱山生産活動に大きな支障が出かねない。ボリビアにおいては総輸出額の約2割が鉱物資源関係で、鉱山開発の停滞がボリビア経済に与える影響は非常に大きく、電力供給の安定化が喫緊の課題となっている。

他方、ボリビアは火力発電に依存した電源構成であり、内陸国であるため燃料輸送費が高価になる上、南西部は標高が非常に高いために燃焼効率が悪いことから大規模火力発電所建設の妨げとなっている他、水力発電の適地も存在しない。このため南西部において潜在的な利用可能性の高い地熱による電源開発が不可欠となっている。

(2) 当該国における電力セクターの開発政策と本事業の位置づけ

ボリビア政府は「国家開発計画（2016年－2020年）」において、増加する電力需要に対応するため、電源の多様化を電力セクターの基本的な方針の一つとして掲げ、同戦略の下で再生可能エネルギーの開発を積極的に進めている。2014年7月に円借款を供与した「ラグナ・コロラダ地熱発電所建設事業（第一段階第一期）」と「ラグナ・コロラダ地熱発電所建設事業（第二段階）」（以下、本事業という。）により整備され

る 100MW 分は「ボリビア多民族国電力計画 2025」においても、2025 年までに計画されている新規電源開発の一環として位置付けられている。

(3) 電力セクターに対する我が国及び JICA の援助方針と実績

対ボリビア多民族国国別援助方針（2012 年 6 月）では「貧困削減を通じた持続的経済成長の実現に向けた支援」を基本方針として、「地域開発等を通じた生産力向上」を重点分野の一つとしており、地方開発等を通じた生産力向上のため、同国の持続的な経済成長に資するインフラ、特に電力、道路を中心としたインフラの整備を進める旨、明記されている。本事業は、重点分野「地方開発等を通じた生産力向上」の開発課題である「経済インフラ」に該当し、「エネルギープログラム」の一事業として位置付けられている。また、2008 年に経済産業省が地球環境・プラント活性化事業等調査「ボリビア・ラグナコロラダ地熱発電設備建設事業調査」を実施し、JICA は協力準備調査「ラグナ・コロラダ地熱開発事業」（2009 年－2010 年）、円借款附帯プロジェクト「ラグナ・コロラダ地熱発電所建設事業推進プロジェクト」（2011 年－2013 年）等の支援実績があり、ラグナ・コロラダ地熱発電所建設事業（第一段階第一期）の円借款契約が 2014 年 7 月に調印されている。

(4) 他の援助機関の対応

米州開発銀行（IDB）は「THE BANK'S COUNTRY STRATEGY WITH BOLIVIA (2011-2015)」において、運輸、水・衛生、電力、幼児教育、保健、教育並びに行政能力強化の 7 分野を、対ボリビア支援方針の重点分野として掲げている。電力分野では、「ミシクニ水力発電プロジェクト」や「コチャバンバ - ラパス間送電線建設プロジェクト」の他、「再生可能エネルギーによる農村電化プログラム」等を実施中であり、また、本事業については、ラグナ・コロラダ地熱発電所から電力系統網への接続点までの送電線（230kV、約 170Km）及び変電所建設に対し、パラレル協調融資予定。アンデス開発公社（CAF）は対ボリビアオペレーションのうち 84%がボリビア政府向け融資となっており、主に経済インフラ整備、社会開発及び環境保全への支援に重点を置いている。経済インフラ整備のうち、電力分野としては、電力供給能力強化のため、「タリハ国家送電線網接続計画」や「サンホセ水力発電所建設事業」等を実施中である。尚、本事業との重複はない。

(5) 事業の必要性

上述の通り、増加する電力需要への対応、更に同国南西部の主要な産業である鉱山開発に必要な電力を安定的に供給することは喫緊の課題となっている。

本事業はボリビア政府が掲げる再生可能エネルギーの開発促進及び安定的な電源の確保を支援するものであり、同国の開発政策、我が国及び JICA の援助方針にも合致することから、JICA が本事業の実施を支援することの必要性・妥当性は高い。

3. 事業概要

(1) 事業の目的

本事業は、ボリビア南西部のポトシ県において地熱発電所建設等を行うことにより、電源多様化、増加する電力需要への対応、及び気候変動の緩和への貢献を図り、もってボリビアの経済発展に寄与するものである。

(2) プロジェクトサイト/対象地域名

ポトシ県

(3) 事業概要

ポトシ県における 100MW の地熱発電所及び送電設備、変電設備等の建設事業の第二段階として、地熱発電所建設に必要な井戸掘削及び発電所建設等を行うもの。

- 1) 準備・補完工事等
- 2) 生産井（15本）、還元井（6本）の掘削（坑井試験を含む）
- 3) 地熱発電所（出力50MW x 2基）の建設（気水輸送管等含む）
- 4) 送変電設備の建設（送電設備は米州開発銀行が協調融資予定、変電設備はボリビア電力公社の自己資金にて建設予定）
- 5) コンサルティング・サービス（坑井試験の監理及び井戸掘削、地熱発電所建設（気水輸送管等を含む）にかかる入札補助、設計・施工監理、研修）

(4) 総事業費

90,765 百万円（うち、第二段階円借款対象額：61,485 百万円）

(5) 事業実施スケジュール

2014 年 7 月～2024 年 11 月を予定（計 125 ヶ月）。施設供用開始時（2023 年 11 月）をもって事業完成とする。

(6) 事業実施体制

- 1) 借入人：ボリビア多民族国政府（The Plurinational State of Bolivia）
- 2) 事業実施機関：ボリビア電力公社（Empresa Nacional de Electricidad）
- 3) 操業・運営／維持・管理体制：ボリビア電力公社

(7) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

1) 環境社会配慮

- ① カテゴリ分類：A
- ② カテゴリ分類の根拠：本事業は、「環境社会配慮確認のための国際協力銀行ガイドライン」（2002 年 4 月制定）に掲げる火力発電（地熱）セクター及び影響を受けやすい地域（国指定の保護対象地域）に該当するため。
- ③ 環境許認可：本事業に係る環境影響評価（EIA）報告書は 2010 年 9 月に環境・水資源省により承認済。ボリビア電力公社は環境法 1333 の 90 条に基づき環境ライセンスを更新してきたが、2016 年 9 月に環境・水資源省へ書面にて工事開始の通知が行われたことに伴い、ライセンスを更新する代わりに事業実施中のモニタリング報告書を毎年提出することとなる。
- ④ 汚染対策：工事中及び供用後の坑井掘削により発生する汚泥は、金属製ピットに貯留され、有害物質を含むものはセメント固化後、処分場にて処理される。冷却塔からの排ガスに含まれる硫化水素の濃度は、冷却塔の高さの調整等により国際基準を満たす見込み。また、発電のために地下から汲みあげられる熱水は、浸透防止策を講じた貯水池に一時的に貯水し、還元井を通して貯留層に戻されるが、調査の結果、帯水層と貯留層はつながっていないことが確認されたため、地下水への負の影響は想定されない。
- ⑤ 自然環境面：事業対象地はラムサール条約登録湿地及びエドゥアルド・アバロ

ア国立保護区内に立地するため、ボリビア国内法令等により、自然保護地域内での開発行為に関して審査を受け 2010 年に承認されている。パイプラインと交差する動物用通路の確保や水域周辺の植生除去の禁止等の緩和策を実施する。また、送電設備建設（IDB が協調融資予定）に関しては、当該地域に生息する希少種のフラミンゴへの適切な配慮の一環として、IDB によるフラミンゴの生態調査結果等に基づき、ENDE が送電線ルートを変更し、送電線には衝突防止灯を設置する。更に、鉄塔の高さを抑制することで、衝突死のリスクを軽減させる。

- ⑥ 社会環境面：本事業の地域は、国有地であるため、用地取得及び住民移転は想定されない。送電用地（ROW）が確定次第、国内法に基づき必要な土地所有権の取得手続きを行う。また、地下資源のコンセッションは国が保有していることを確認済。
- ⑦ その他・モニタリング：工事中はコントラクターが大気質、水質、騒音・振動、生態系等のモニタリングを行い、供用後はボリビア電力公社が大気質、水質、騒音・振動、生態系等のモニタリングを行う予定。また、社会経済面のモニタリング（地元からの雇用者人数等）は、ボリビア電力公社が実施予定。
- 2) 貧困削減促進：特になし。
- 3) 社会開発促進（ジェンダーの視点、エイズ等感染症対策、参加型開発、障害者配慮等）：HIV 等の感染症緩和策として、コントラクターにより労働者及び地元居住者に対する健康意識啓発活動が行われる予定。
- (8) 他ドナー等との連携：本事業のうち、全国送電網へ接続するための送電線の建設について、米州開発銀行が協調融資予定。
- (9) その他特記事項：本事業は再生可能エネルギーの活用促進を図るもので温室効果ガス（GHG）の排出削減に貢献する。本事業による GHG 排出削減量は約 28 万トン/年 CO₂ 換算と見込まれる。

4. 事業効果

(1) 定量的効果

1) アウトカム（運用・効果指標）

指標名		基準値 (2014 年実績値)	目標値(2025 年) 【事業完成 2 年後】
最大出力 (MW)		-	99.5
設備利用率 (%)		-	85.0
稼働率 (%)		-	85.4
所内率 (%)		-	3.0
送電端電力量 (GWh/年)		-	722.26
原因別停止 時間 (時間/ 年/ユニット)	人員ミス	-	0
	機械故障	-	619
	計画停止	-	660

(2) 定性的効果

再生可能エネルギー等の導入に伴う電源多様化、安定的な電力供給による鉱業開発に係る事業リスク低下、気候変動の緩和、経済開発促進。

(3) 内部収益率

以下の前提に基づき、本事業の経済的内部収益率（EIRR）は14.5%、財務的内部収益率（FIRR）は0.33%となる。

【EIRR】

費用：事業費（税金を除く）、運営・維持管理費

便益：天然ガス火力発電所の建設代替・維持管理費節減、火力発電用天然ガスの
国外輸出、CO₂削減、鉱山開発の操業時間増

プロジェクト・ライフ：30年

【FIRR】

費用：事業費（税金込）、運営・維持管理費

便益：売電収入等

プロジェクト・ライフ：30年

5. 外部条件・リスクコントロール

外部条件：ボリビア及び事業対象周辺地域の政治経済情勢の悪化並びに自然災害が起こらない。

6. 過去の類似案件の教訓と本事業への適用

(1) 類似案件からの教訓

フィリピンの「北ネグロス地熱開発事業（評価年度：2009年）」や「ティウイ地熱発電所改修事業（評価年度：2008年）」において、地熱貯留層の事前解析と発電所運転段階での管理が不十分であったため、十分な蒸気を得られず発電量の確保が困難となり、事業効果発現のボトルネックとなったことが指摘されている。

(2) 本事業への教訓の活用

既に掘削された井戸における噴気試験を実施済で、ボリビア電力公社に対して資源開発における評価手法の技術移転も支援したが、さらにコンサルティング・サービスによる技術支援を行い、適切な資源評価が行われることを確保する。

7. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる指標：上記4.事業効果（1）定量的効果 1）アウトカム（運用・効果指標）のとおり

(2) 今後の評価のタイミング：事業完成2年後

以上